

# Informe del Proyecto Happy Computing. Simulación. Curso 2020-2021

**Roberto Marti Cedeño**

*Grupo C412*

[R.MARTI@ESTUDIANTES.MATCOM.UH.CU](mailto:R.MARTI@ESTUDIANTES.MATCOM.UH.CU)

## Tutor(es):

Dr. Yudivián Almeida Cruz, *Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana*

Lic. Gabriela Rodríguez Santa Cruz Pacheco, *Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana*

Lic. Daniel Alejandro Valdés Pérez, *Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana*

**Tema:** Simulación, Eventos Discretos

## 1. Arquitectura de la solución

Para darle solución al problema planteado se dispuso de una arquitectura por etapas o anillos, conformada por la conexión de dos grupos principales de servidores en paralelo unidos por un enlace en serie. El primer anillo de servidores se conforma por los denominados vendedores del taller. El segundo anillo representa todos los técnicos, incluyendo los técnicos especializados. También, el segundo anillo se divide por la función adicional de los técnicos especializados.

### 1.1 Variables

A continuación se listan las variables mas significativas empleadas en la simulación:

$C_i$  Cliente  $i$ .

$C_{ia}$  Tiempo de arribo del cliente  $i$ .

$C_{is}$  Tipo de servicio solicitado por el cliente  $i$ .

$C_{iv}$  Instante de tiempo donde el cliente  $i$  termina de ser atendido por el vendedor correspondiente.

$C_{it}$  Instante de tiempo donde el cliente  $i$  termina de ser atendido por el técnico correspondiente.

$C_{ist}$  Instante de tiempo donde el cliente  $i$  termina de ser atendido por el técnico especializado correspondiente.

$SS$  Estado del sistema en cada instante de la simulación.

$QV$  Clientes a las espera de ser atendidos por un vendedor.

$QT$  Clientes a la espera de ser atendidos por un técnico.

$QST$  Clientes a la espera de ser atendidos por un técnico especializado.

$QA$  Clientes por ingresar en el sistema.

$t$  Tiempo del sistema.

$T$  Duración de la jornada laboral.

### 1.2 Funciones

$E(C_i) = \text{Max}(C_{ia}, C_{iv}, C_{it}, C_{ist})$  Representa el próximo evento relacionado con el cliente  $i$ .

$X \rightarrow C_i$  El cliente  $C_i$  abandona la cola  $X$ .

$X \leftarrow C_i$  El cliente  $C_i$  ingresa a la cola  $X$ .

### 1.3 Variables Aleatorias

Las variables aleatorias que intervienen en la simulación son, normal para el tiempo de atención de un vendedor, exponencial para el tiempo de atención de los técnicos y técnicos especializados, y un proceso de poisson para el arribo de los clientes. Para la generar estas variables aleatorias se emplearon el método de transformada de la inversa para las variables exponenciales, el método de los rechazos para la normal y, la suma de procesos independientes exponenciales menores que el tiempo de simulación, para el proceso de poisson.

## 2. Proceso de simulación

Es importante destacar que, se tomaron consideraciones iniciales que difieren respecto a los parámetros presentes en la orientación del trabajo. Los valores correspondientes a los argumentos de las variables aleatorias exponenciales y el proceso de poisson se tomaron como su inverso para lograr un ambiente mas realista en la simulación dado que ,con dichos parámetros, se obtuvieron resultados que no se asemejan a la situación planteada. Como resultado de estas observaciones, la intensidad del tiempo de atención de los técnicos, técnicos especializados y el arribo de los clientes pasa a ser 1/20, 1/15 y 1/20 respectivamente.

$V$  Representa la variable aleatoria que describe el tiempo de atención de un vendedor.

$T_e$  Representa la variable aleatoria que describe el tiempo de atención de un técnico cualquiera.

$T_{es}$  Representa la variable aleatoria que describe el tiempo empleado por un técnico especializado para realizar un cambio de equipo.

## 2.1 Inicialización

Como la generación del tiempo de llegada los clientes así como el tipo de servicio requerido es independiente del funcionamiento de la simulación, se generaron fuera del ciclo principal de la simulación y se agruparon por orden de llegada en  $QA$ .

La variable del sistema

$$SS = (N_A, V_1, V_2, T_1, T_2, T_3, ST_1)$$

donde  $N_A$  es el próximo cliente en arribar al sistema,  $V_{1,2}$ ,  $T_{1,2,3}$ ,  $ST_1$ , corresponden a los clientes que están siendo atendidos por los vendedores, técnicos y el técnico especializado respectivamente.

$$N_m = \text{Min}(E(N_A), E(V_1), E(V_2), E(T_1), E(T_2), E(T_3), E(ST_1))$$

$$t = 0$$

$$QA \rightarrow C_r$$

$$N_A = C_r$$

## 2.2 Ciclo Principal

1. Si  $N_m = \text{infinito}$

Finaliza la simulación

2. Si  $N_m = E(N_A)$

$$C_i = N_m$$

$$t = C_{ia}$$

Si  $V_j = \text{infinito}$ ,  $j = 1, 2$

$$C_{iv} = t + \text{Generar } V$$

$$V_j = C_i$$

En otro caso

$$QV \leftarrow C_i$$

Si  $QA \rightarrow C_j$

$$N_A = C_j$$

En otro caso

$$N_A = \text{infinito}$$

3. Si  $N_m = E(V_k)$ ,  $k = 1, 2$

$$C_i = V_k$$

$$t = C_{iv}$$

Si  $C_{is} = 1$  o  $C_{is} = 2$

Si  $T_j = \text{infinito}$  o  $TS_1 = \text{infinito}$ ,  $j = 1, 2, 3$ , entonces  $C_{it} = t + \text{Generar } T_e$  y finalmente  $T_j = C_i$  o  $ST_1 = C_i$ .

En otro caso,  $QT \leftarrow C_i$

Si  $C_{is} = 3$ .

Si  $ST_1 = \text{infinito}$ , entonces  $C_{ist} = t + \text{Generar } T_{es}$  y finalmente  $ST_1 = C_i$ .

En otro caso  $QST \leftarrow C_i$

Si  $C_{is} = 4$ .

$C_i$  deja el taller.

Si  $QV \rightarrow C_l$

$$V_k = C_l$$

En otro caso

$$V_k = \text{infinito}$$

4. Si  $N_m = E(T_k)$ ,  $k = 1, 2, 3$

$$C_i = T_k$$

$$t = C_{it}$$

El cliente  $C_i$  deja el taller.

Si  $QT \rightarrow C_j$

$$C_{jt} = t + \text{Generar } T_e$$

$$T_k = C_j$$

En otro caso

$$T_k = \text{infinito}.$$

5. Si  $N_m = E(ST_1)$

$$C_i = ST_1$$

$$t = C_{ist}$$

El cliente  $C_i$  deja el taller.

Si  $QST \rightarrow C_j$

$$C_{jst} = t + \text{Generar } T_{es}.$$

$$ST_1 = C_j$$

En otro caso

Si  $QT \rightarrow C_k$ , entonces  $C_{kt} = t + \text{Generar } T_e$ , finalmente  $TS_1 = C_k$

En otro caso,  $ST_1 = \text{infinito}$

## 2.3 Consideraciones finales de la simulación

En afán de lograr una mayor simplicidad en la explicación se tomaron las siguientes consideraciones. El valor *infinito* representa un cliente  $C_i$  tal que  $C_{ia}$  sea igual a un número suficientemente grande, por ejemplo  $C_{ia} = 2 * T$ . Las verificaciones del tipo Si  $X \rightarrow C_k$  representan la extracción de un cliente de la cola  $X$  o el fallo de no existir alguno que atender. Finalmente como el cálculo del beneficio obtenido por cada cliente no depende en absoluto del ciclo de la simulación, se calculó con los datos resultantes de la misma.

## 3. Análisis de los resultados obtenidos

Para obtener resultados diversos y analizarlos se realizaron 10 000 corridas de la solución propuesta. Se les realizó un análisis estadístico a los mismos que se muestra a continuación:

Datos	CC	EV	ET	ETE	Beneficio
Media	24	9	0.5	10	6882
STD	5	11	5	24	1988
Mín	9	0	0	0	700
25 %	21	0.8	0	0	5500
50 %	24	6	0	0	6750
75 %	27	12	0	10	8150
Max	50	122	255	348	15250

Donde:

$CC$  representa la cantidad de clientes.

$EV$  representa el tiempo total de espera para el comienzo de la atención por un vendedor.

$ET$  representa el tiempo total de espera para el comienzo de la atención por un técnico (servicios de tipo 1 o 2).

$ETE$  representa el tiempo total de espera para el comienzo de los servicios de tipo 4 correspondientes al técnico especializado .

Como parte de las métricas obtenidas de la simulación también se encuentran la cantidad de clientes según el tipo de servicio, así como la cantidad de clientes atendido por cada trabajador individualmente.

### 3.1 Conclusiones

De los datos obtenidos se desprende que se puede esperar 6882 \$ como resultado de las ganancias del taller en promedio, que las mismas pueden variar principalmente entre 4892 \$ y 8870 \$. Con respecto a la cantidad de clientes se pueden esperar un promedio de 24 diarios y finalmente, el tiempo total de espera de los clientes por comenzar su atención es despreciable, por lo que la distribución de los trabajadores es idónea para un funcionamiento normal del taller.